

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-275601

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

← correspond to  
JP 2779997 B

(51)Int.Cl.

H01L 21/31  
H01L 21/205  
H01L 21/302  
H05H 1/46

(21)Application number : 05-085183

(22)Date of filing : 22.03.1993

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

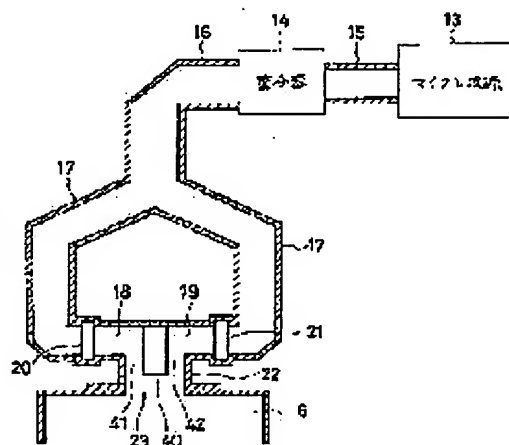
(72)Inventor : NISHIMURA HIROSHI  
ONO TOSHIRO  
MATSUO SEITARO

## (54) PLASMA TREATMENT DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To uniformly process the surface of a sample with larger aperture by stably generate high-density plasma and improving the unevenness of plasma.

CONSTITUTION: A rectangular waveguide 17 branches the microwave from a microwave source 13 into two and a matching unit 14, and rectangular waveguide 15, 16 are provided. The waveguide 18, 19 is arranged so that the direction of propagation of the microwave is vertical to the external magnetic field and the electric field of the microwave is parallel to the external magnetic field inside. The rectangular waveguides 18, 19 are provided with dielectric windows 20, 21 which are quartz windows to maintain the vacuum on one end, and the other end is connected to a pipe 22 for connection. Introduction holes 41, 42 communicate with a microwave introduction hole 23 of a plasma generation chamber 6. A reflection plate 40 is provided in the direction of the microwave introduction hole 23 so that it faces the connection pipe 22 on the connection part of the rectangular waveguide 18, 19.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.05.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2779997

[Date of registration] 15.05.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2779997号

(45) 発行日 平成10年(1998) 7 月23日

(24) 登録日 平成10年(1998) 5 月15日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

H 0 1 L 21/31

21/205

21/3065

H 0 5 H 1/46

F I

H 0 1 L 21/31

21/205

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/302

C

B

請求項の数 7 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-85183

(22) 出願日 平成 5 年(1993) 3 月22日

(65) 公開番号 特開平6-275601

(43) 公開日 平成 6 年(1994) 9 月30日

審査請求日 平成 7 年(1995) 5 月17日

(73) 特許権者 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 西村 浩志

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 小野 俊郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 松尾 誠太郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

日本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

審査官 今井 拓也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マイクロ波導入孔を有するプラズマ生成室に外部磁界を印加した状態で、マイクロ波が誘電体窓を通して導波管を介して前記プラズマ生成室に供給され、このプラズマ生成室内の原料ガスを電子サイクロトロン共鳴 (E C R) によりプラズマ化するプラズマ処理装置において、一端が前記マイクロ波導入孔に連結され、内部でのマイクロ波の進行方向が外部磁界と垂直となるように配置されたマイクロ波導波管を複数個設けるとともに、前記マイクロ波導波管とマイクロ波導入孔が結合する部位にマイクロ波反射板が設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、誘電体窓が前記マイクロ波導波管内のマイクロ波導入孔とは反対側で、かつ E C R 条件よりも高磁界で前記

2

プラズマ生成室内部からは死角となる位置に配設されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、1つのマイクロ波源からのマイクロ波を複数に分割して各々対応する前記マイクロ波導波管に供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、複数のマイクロ波源からのマイクロ波をマイクロ波の位相を調整して各々対応する前記マイクロ波導波管に供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記マイクロ波導入窓と前記マイクロ波導波管とを連結する連結管を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置において

3

て、前記誘電体窓が前記マイクロ波導入孔と前記マイクロ波導波管の間に配設されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】 請求項 2 記載のプラズマ処理装置において、前記マイクロ波導波管が、アースと絶縁されているか、あるいは、内面に絶縁が施されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁界を印加して、マイクロ波を誘電体窓を介してプラズマ生成室内に導入し、E C R を利用してプラズマを生成し、試料に照射することによって薄膜形成、あるいはエッチング等の表面処理を行うプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図 5 は E C R プラズマを利用して導電性膜形成を行う従来のプラズマ処理装置の基本構成を示す。同図において、1 は試料 2 を載置する試料台 3 を有する試料室、4 は排気路 5 に連結された通気孔、6 は排気路 5 と反対側でプラズマ引き出し開口 7 を介して試料室 1 とつながっているプラズマ生成室、8 は第 1 のガス導入系として図示を省略した外部の第 1 ガス源より第 1 ガスをプラズマ生成室 6 内に導く導入管、9 は開口 7 の外部に近接して配置された複数の小孔が設けられた環状管、10 は第 2 のガス導入系として図示を省略した外部の第 2 ガス源より第 2 ガスを環状管 9 から試料室 1 内に導く導入管、11 はプラズマ生成室 6 の周りに配設された冷却環部、12 は図示を省略した冷却源より水等のクーラントを冷却環部 11 に供給する冷却用管である。

【0003】 13 はマイクロ波源、14 は整合器、15、16 は矩形導波管、17 はマイクロ波源 13 からのマイクロ波を 2 つに分岐する矩形導波管で、マイクロ波回路では、E 面 Y 分岐と呼ばれている分岐回路である。18、19 は内部でマイクロ波の進行方向が外部磁界に垂直でマイクロ波電界が外部磁界に平行になるように配置された矩形導波管で、一端に真空を維持するための石英窓である誘電体窓 20、21 が設けられ、他端は連結用管 22 と接続されている。23 は連結用管 22 によって矩形導波管 18、19 に連通されたマイクロ波導入孔、24 はプラズマ生成室 6 の周りに配設された磁気コイルである。

【0004】 次に、このように構成されたプラズマ処理装置の処理動作を説明する。マイクロ波源 13 からのマイクロ波は矩形導波管 15、整合器 14、矩形導波管 16 を経て分岐回路 17 に導かれる。分岐回路 17 で 2 つに分けられたマイクロ波はそれぞれ矩形導波管 17 により等しい距離を伝播した後、マイクロ波導入窓 20、21 を経て矩形導波管 18、19 の接続部 P 点に到達する。P 点では矩形導波管 18 からのマイクロ波と矩形導波管 19 からのマイクロ波電界の位相が  $180^\circ$  違って

4

いるため互いに打ち消し合い、P 点ではマイクロ波電界の強度はきわめて弱くなる。一方、矩形導波管 18 からのマイクロ波と矩形導波管 19 からのマイクロ波の磁界は P 点付近では同位相となるので強力なマイクロ波は磁界が存在することとなり、このマイクロ波磁界によりマイクロ波が誘起されて連結用管 22 内へ放射され、プラズマ生成室 6 内に放射される。

【0005】 プラズマ生成室 6 の周りには、磁気コイル 24 が配設され、プラズマ生成室 6 内部は E C R を生じさせるに必要な磁界（マイクロ波周波数 2.45 GHz の場合 875 ガウス）で、かつ、P 点では E C R 条件より充分強い磁界を発生させる。磁気コイル 24 もプラズマ生成室 6 と同様に冷却されている。これによって、プラズマ生成室 6 内に導入される第 1 ガスを、マイクロ波によって E C R 条件で励起させてプラズマ化する。このようにして生成したプラズマを、磁界勾配を利用して試料室 1 内の試料台 3 上に導き、試料台 3 上の試料 2 上に薄膜を形成する。

【0006】 放射されるマイクロ波は準 T M 波になり、プラズマ生成室 6 内での伝播モード（準 T M 波）との整合性がよく、効率よいプラズマ生成ができる。矩形導波管 18、19 は、内部でマイクロ波電界が外部磁界と平行となるように配置され、さらに、矩形導波管 18 からのマイクロ波と矩形導波管 19 からのマイクロ波の干渉により P 点付近に定在波の節が形成されてマイクロ波電界がきわめて弱くなるので、矩形導波管 18、19 内部でのプラズマの発生を防止できる。さらに、マイクロ波はプラズマ生成室 6 には外部磁界に沿って E C R 条件よりも高磁界側から導入されるので、マイクロ波の遮断現象は起こらず高密度プラズマを安定に生成することができる。

【0007】 プラズマは磁界に沿った方向には容易に拡散できるので、この構成ではプラズマ生成室 6 内で発生したプラズマが拡散によってマイクロ波導入孔 23 を通って P 点近傍に拡散する。図 6 はこの拡散してくるプラズマの影響を調べるための構成であり、30、31 は導波管 18、19 内を進行するマイクロ波の電力を進行方向別に検出するパワーモニタ、32 は無反射終端であり、マイクロ波源側に反射するマイクロ波 34、プラズマ 33 を透過してくるマイクロ波 35 の入射マイクロ波 36 に対する割合と、そのときの試料室 6 内でのイオン電流との関係を調べることができる。ここで、33 はプラズマ生成室 6 からマイクロ波導入孔 23 を通って導波管 18、19 内に拡散してくるプラズマを表している。

【0008】 マイクロ波源 13 からの入射マイクロ波 36 はマイクロ波導入窓 20 を通ってプラズマ 33 に到達する。入射マイクロ波電力および反射マイクロ波電力はパワーモニタ 30 により検出される。一方、プラズマ 33 を透過したマイクロ波 35（等価マイクロ波）はパワーモニタ 31 により検出されたのち、無反射端 32 で吸

収される。図 7 は測定結果を表したものであり、横軸は試料室 1 内で測定されるイオン電流密度、縦軸は入射マイクロ波電力に対する反射マイクロ波電力および透過マイクロ波電力の割合である。これによると、○印で示した透過率は、イオン電流が大きくなると次第に小さくなり、 $2\text{mA}/\text{cm}^2$  以上では 0 になる。一方、●印で示した反射率は、イオン電流の増加とともに大きくなるが、透過率が 0 となる  $2\text{mA}/\text{cm}^2$  で急激に小さくなりそれ以降はほぼ一定となる。試料室 1 内のイオン電流はプラズマ生成室 6 内部のプラズマ密度を反映している。

【0009】したがって、この結果、プラズマ生成室 6 内部のプラズマ密度が大きくなって P 点近傍に拡散してくるプラズマ 33 の密度が大きくなると、マイクロ波がプラズマ 33 により反射されることを示している。さらに、透過率が 0 になる条件では反射率も小さくなることから、十分に濃いプラズマが生成されてマイクロ波がプラズマ 33 に反射されると、P 点近傍にマイクロ波電界の節が形成され、そこからマイクロ波がプラズマ室 6 側に効率よく放射されるようになることがわかる。この結果から、マイクロ波電界の節の位置を制御することにより、均一なプラズマを生成できると考えられる。さらに、この考え方は、ECR プラズマを利用して絶縁膜形成やエッチング等の表面処理を行うプラズマ処理装置にも適用することが可能となる。

【0010】図 8 は例えば、特公昭 62-43335 号公報、特開平 1-97399 号公報等に開示された ECR プラズマを利用して絶縁膜形成やエッチング等の表面処理を行う従来のプラズマ処理装置の第 2 の例を示す基本構成である。この第 2 の例においては、プラズマ生成室 6 の開口 7 と対向する端面には、石英ガラス板等によるマイクロ波導入窓 20 を設け、この窓 20 を介して、マイクロ波供給手段 37 からのマイクロ波をプラズマ生成室 6 内に導く。矩形導波管 16 とマイクロ波導入窓 20 との間には、マイクロ波の矩形導波管モードとプラズマ中マイクロ波伝播モードの整合を図るためのマイクロ波モード変換器 38 が配設されている。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のプラズマ処理装置においては、マイクロ波導入窓 20 あるいは 21 に入射するときのマイクロ波の電界強度は中央付近が強くなるため、プラズマ生成室 6 内においても中央部分のマイクロ波の電界強度が強くなる。その結果、生成されたプラズマは、中央のプラズマ密度の大きい不均一なプラズマとなり易くなるといった問題があった。したがって、本発明は上記した従来の問題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高密度プラズマを安定に生成するとともに、プラズマの不均一性を改善して、大口径の試料に対して均一に表面処理を施すことができるプラズマ処理装置を提供するこ

とにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明に係るプラズマ処理装置は、マイクロ波導波管とマイクロ波導入孔が結合する部位に、マイクロ波反射板が設けられている。

#### 【0013】

【作用】本発明によれば、マイクロ波導波管とマイクロ波導入孔が結合する部位に、マイクロ波反射板が設けられていることにより、マイクロ波導入孔の直前にマイクロ波電界の節が形成され、そこからマイクロ波の放射を利用してマイクロ波をプラズマ生成室に導くことにより、プラズマ生成の効率化が図れる。また、反射板の位置を適切に調整してマイクロ波電界の節をマイクロ波導入孔直上の複数の適切な場所に形成することにより、プラズマ生成室に入射するマイクロ波の電界強度分布が均一となり、均一なプラズマ生成がなされる。

#### 【0014】

【実施例】以下、本発明の実施例を図に基づいて説明する。図 1 は本発明に係るプラズマ処理装置のマイクロ波導入部分を拡大した要部拡大側断面図である。同図において、従来技術と同一構成および同等の構成については同一の符号を付し詳細な説明は省略する。また、図示を省略したその他の構成は、上述した従来の第 1 の例（図 5）と同様である。矩形導波管 18、19 は、内部でマイクロ波の進行が外部磁界に垂直で、かつ、マイクロ波電界が外部磁界に平行になるように配置されている。連結用管 22 は本実施例ではストレート形状のものを採用しているが、テーパ形状のものでもよい。

【0015】40 は本発明の特徴であるマイクロ波を反射する反射板で、矩形導波管 18、19 の接続部分の連結用管 22 に対向するようにしてマイクロ波導入孔 23 に向かって配設されている。41、42 はマイクロ波導入孔 23 に連通する導入孔である。また、マイクロ波導入窓 20、21 はプラズマ中の粒子が直接飛来できない位置、すなわち、プラズマ生成室 6 からは死角の位置に配設されているので、試料 2 に導電性膜を正膜中に、プラズマ生成室 6 内のイオンや中性粒子が直接マイクロ波導入窓 20、21 に入射するのを防止でき、このため、マイクロ波導入窓 20、21 に導電性膜が付着するのを防止できる。これによって、マイクロ波が、導電性膜によって、反射あるいは吸収されて、プラズマが発生できなかったり、不安定となるといった不都合が防止される。

【0016】このような構成において、マイクロ波源 13 からのマイクロ波は矩形導波管 15、整合器 14、矩形導波管 16 を経て分岐回路 17 に導かれる。分岐回路 17 で 2 つに分けられたマイクロ波はそれぞれ矩形導波管 17、17 により等しい距離を伝播した後、マイクロ波導入窓 20、21 を経て反射板 40 に到達し、反射さ

7

れる。このとき、反射板の表面付近にマイクロ波電界の節が形成されて、マイクロ波電界は弱くなるが、マイクロ波磁界は強くなる。このマイクロ波磁界により、マイクロ波が誘起されて導入孔 41、42 を通ってプラズマ生成室 6 内に放射される。放射されるマイクロ波は準 TM 波であり、プラズマがある場合のプラズマ生成室 6 内部の伝播モードである準 TM 波との整合がよく、きわめて効率のよいプラズマ生成ができる。

【0017】また、マイクロ波の放射点がプラズマ密度によらず一定に位置にあるので、プラズマ密度によらず安定にプラズマを生成できる。さらに反射板 40 の厚さや位置を調整することにより、マイクロ波の放射位置を調整できるので、プラズマの均一性が簡単に制御できる。図 2 は反射板 40 がある場合と無い場合とでの入射マイクロ波パワーと試料室内で測定したイオン電流密度を比較した図であり、反射板 40 を備えた場合には、イオン電流が約 1.5 倍増加することがわかる。

【0018】また、上述した実施例において、矩形導波管 18、19 をアースと絶縁するか、あるいは導波管 18、19 の内面に石英等の誘電体を設置してプラズマからアースに向かって電流の流れを遮断することによって、プラズマ中の電子の流入によるプラズマ密度の低下や導波管 18、19 の加熱を防止できる。すなわち、導波管 18、19 が接地されていると、導波管を介してプラズマからアースに電流が流れ、(主として電子電流)プラズマ中の電子が失われてしまい、プラズマ密度の低下や導波管 18、19 の加熱の問題が発生することがあるからである。

【0019】図 3 は本発明の第 2 の実施例の要部拡大側断面図である。この第 2 の実施例では、図示を省略しているその他の構成は、上述した従来の第 2 の例(図 8)と同様である。17 はマイクロ波を 2 つに分岐する矩形導波管で、マイクロ波回路では、E 面 Y 分岐と呼ばれている分岐回路である。18、19 は矩形導波管で、内部ではマイクロ波の進行方向が外部磁界に垂直になるように配設されている。18、19 の接続部分のプラズマ生成室 6 の面内にはマイクロ波を送出するための誘電体窓 20 が設けられており、連結用管 22 (本実施例では矩形導波管 17 の長手方向とほぼ等しい直径を有する 96 mm φ の円形導波管)が接続されている。また、18、19 の接続部分のプラズマ生成室 6 側とは反対面からは、マイクロ波反射板 40 がマイクロ波の進行方向と垂直となるように設置されている。

【0020】図 4 はこの第 2 の実施例における分岐回路 17 以降のマイクロ波の伝播の様子を模式的に表したものであり、43 はマイクロ波の伝播経路を、44 はマイクロ波電界の方向を示している。マイクロ波源 13 からのマイクロ波は矩形導波管 15、整合器 14、矩形導波管 16 を経て分岐回路 17 に導かれる。分岐回路 17 で 2 つに分けられたマイクロ波は矩形導波管 18、19 を

8

経て反射板 40 に到達する。マイクロ波は反射板 40 で反射され、反射板 40 の表面付近にマイクロ波電界の節が形成される。一方、マイクロ波の磁界成分は反射板の表面付近では強くなる。このマイクロ波磁界によりマイクロ波が誘起され、誘電体窓 20 を介してプラズマ生成室 6 内に放射される。

【0021】この第 2 の実施例においては、矩形導波管 18、19 からのマイクロ波は反射板 40 の両側で反射するので、反射板 40 の両側から開口部 41、42 を通ってプラズマ生成室 6 内での伝播モード(準 TM モード)との整合性もよく効率よいプラズマ生成ができる。さらに、マイクロ波の放射位置が反射板 40 の両側にできるために、プラズマ生成室 6 内部でのマイクロ波電界の電界強度分布が均一になり、その結果、均一なプラズマが生成される。また、反射板 40 の位置を調整することにより、マイクロ波の放射位置を自由に制御できるので、プラズマの均一性を容易に制御することができる。

【0022】なお、矩形導波管 18、19 とマイクロ波導入孔 23 の間を連結する連結用管 22 として、第 1 の実施例ではストレート形状の連結管を、また、第 2 の実施例では円筒導波管を用いたが、これに限定されず、テーパ形状であってもよい。さらに、連結用管 22 を用いずに、矩形導波管 18、19 をマイクロ波導入孔 23 に直接接続してもよい。また、マイクロ波は 2 方向から反射板 40 に到達させた構造としているが、3 方向あるいはそれ以上の方向から反射板 40 に到達させてもよい。また、1 個のマイクロ波源からのマイクロ波を 2 つに分岐して反射板 40 の両側に導いているが、各々の矩形導波管 18、19 に対応するマイクロ波源からのマイクロ波をマイクロ波の位相を調整してそれぞれ対応する矩形導波管に供給してもよい。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、一端がマイクロ波導入孔に連結され、内部でのマイクロ波の進行方向が外部磁界と垂直となるように配置されたマイクロ波導波管を複数個設けるとともに、マイクロ波導波管とマイクロ波導入孔が結合する部位にマイクロ波反射板が設けられており、このため、マイクロ波導入孔に放射されるマイクロ波は準 TM 波であり、プラズマがある場合のプラズマ生成室内部の伝播モードである準 TM 波との整合がよく、きわめて効率のよいプラズマ生成ができる。また、マイクロ波の放射位置が反射板の両側にできるために、プラズマ生成室内部でのマイクロ波電界の電界強度分布が均一になり、その結果、均一なプラズマが生成され、大口径の試料に対して均一に表面処理を行うことが可能となる。また、反射板の位置を調整することにより、マイクロ波の放射位置を自由に制御できるので、プラズマの均一性を容易に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

9

【図 1】本発明に係るプラズマ処理装置におけるマイクロ波導入部分を拡大した要部拡大側断面図である。

【図 2】反射板がある場合と無い場合とでの入射マイクロ波パワーと試料室内で測定したイオン電流密度を比較した図である。

【図 3】本発明に係るプラズマ処理装置の第 2 の実施例におけるマイクロ波導入部分を拡大した要部拡大側断面図である。

【図 4】本発明に係るプラズマ処理装置の第 2 の実施例における分岐回路以降のマイクロ波の伝播の様子を模式的に表した模式図である。

【図 5】従来のプラズマ処理装置の基本構成図である。

【図 6】従来のプラズマ処理装置における拡散してくるプラズマの影響を調べるための構成図である。

【図 7】従来のプラズマ処理装置におけるイオン電流と反射率、透過率との関係を示した図である。

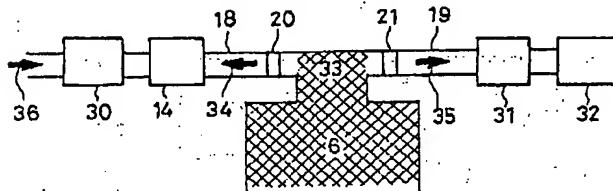
【図 8】従来のプラズマ処理装置の第 2 の例を示す基本構成図である。

【符号の説明】

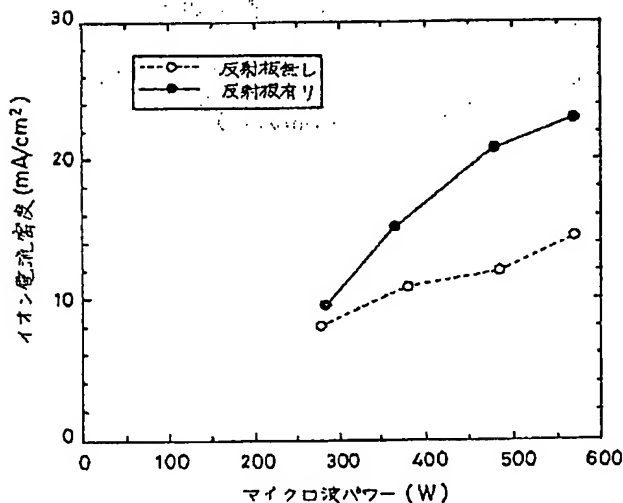
- 1 試料室
- 2 試料
- 6 プラズマ生成室

- 8 第 1 のガス導入管
- 10 第 2 のガス導入管
- 13 マイクロ波源
- 14 整合器
- 17 分岐回路
- 18 矩形導波管
- 19 矩形導波管
- 20 誘電体窓
- 21 誘電体窓
- 22 連結用管
- 23 マイクロ波導入孔
- 24 磁気コイル
- 33 プラズマ
- 34 反射マイクロ波
- 35 透過マイクロ波
- 36 入射マイクロ波
- 40 反射板
- 41 導入孔
- 42 導入孔
- 20 43 マイクロ波伝播経路
- 44 マイクロ波電界の方向

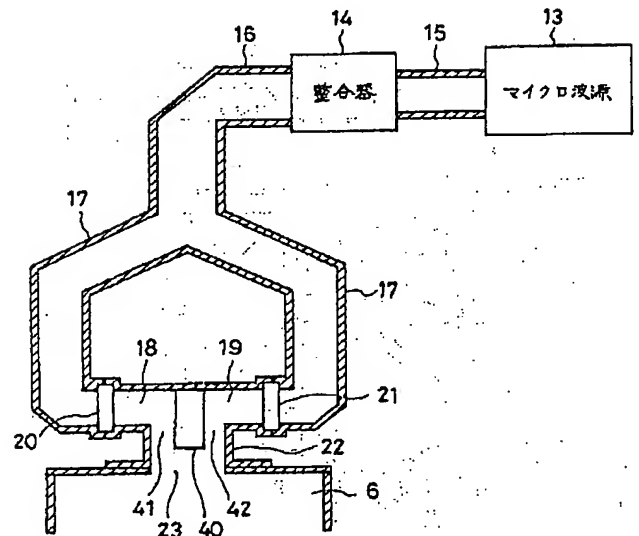
【図 6】



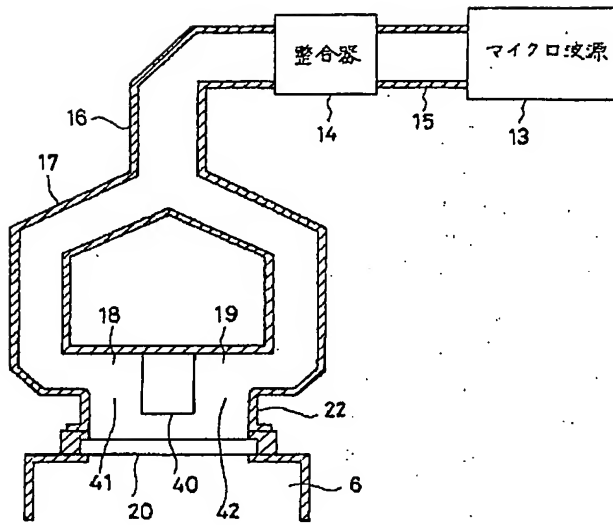
【図 2】



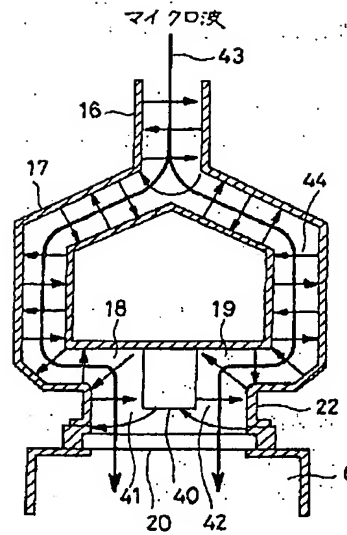
【図 1】



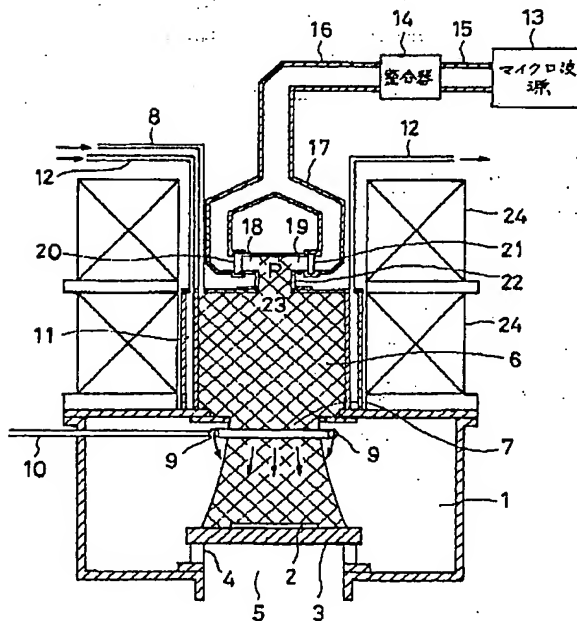
【図 3】



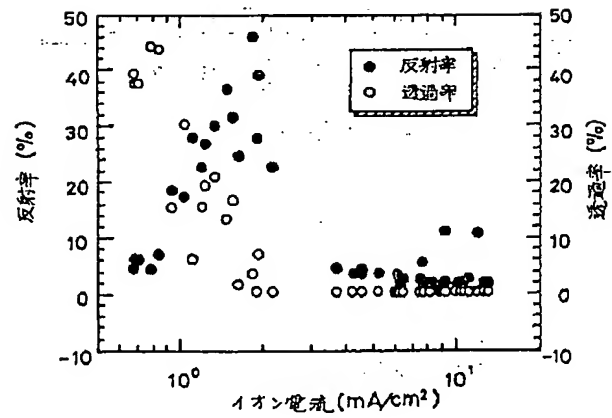
【図 4】



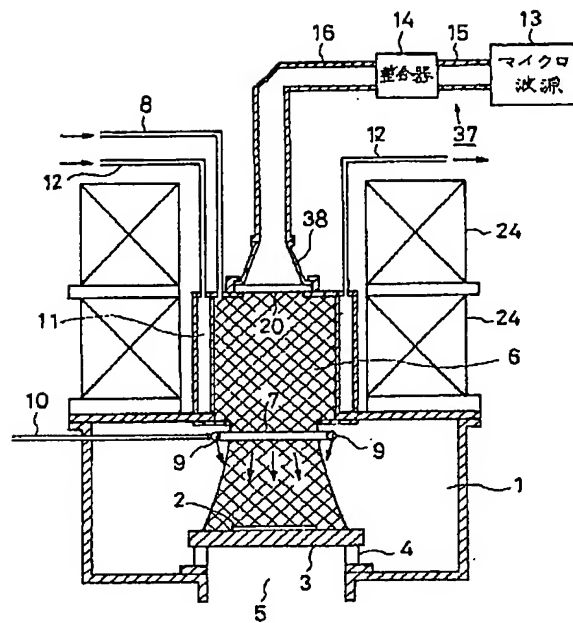
【図 5】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 1-97399 (J P, A)  
特開 平 2-170530 (J P, A)

(58)調査した分野(Int. Cl.<sup>6</sup>, D B 名)

H01L 21/31  
H01L 21/205  
H01L 21/3065  
H05H 1/46